

CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA SOBRE LA PENÍNSULA DE LA
GUAJIRA USANDO EL MÉTODO THIESSEN

COMPUTATION OF AVERAGE RAINFALL OVER LA GUAJIRA PENNINSULE USING THE
THIESSEN METHOD



UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTA DE INGENIERIA
ESPECIALIZACION EN GEOMÁTICA
BOGOTÁ
2017

CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA SOBRE LA PENÍNSULA DE LA GUAJIRA USANDO EL MÉTODO THIESSEN

COMPUTATION OF AVERAGE RAINFALL OVER LA GUAJIRA PENNINSULE USING THE THIESSEN METHOD

Neeck Sanchez Forero¹

Fecha de recepción: 20 de junio de 2017
Fecha de aprobación: 30 de junio de 2017

RESUMEN

La precipitación es una de las entidades climáticas que permiten ser modeladas para la visualización del proceso hidrológico de un territorio, sin embargo, cuesta representar espacialmente cuándo no se cuenta con una red densa de estaciones o porque se encuentra en una zona con procesos de precipitación de alta complejidad. En el presente documento se analizaron datos de 24 estaciones meteorológicas ubicadas en la parte norte de la península de La Guajira que aunque espacialmente no están bien distribuidas, cubren un área superior al 70% del Departamento. Y en los lugares donde no se tiene información se deben realizar procedimientos como los Polígonos de Thiessen para poder asignar un valor de precipitación usando un método confiable.

Palabras clave: Thiessen, precipitación, Polígonos de Thiessen, IDEAM, estación meteorológica, ArcGIS.

1. Ingeniero Topográfico, Estudiante de Especialización en Geomática de la Universidad Militar, Bogotá, Colombia, u3101364@correo.unimilitar.edu.co.

ABSTRACT

The rainfall is one of the climatic entities that allow to be shaped to visualization of hydrological process of a territory, however, it is difficult to represent spatially when does not have a dense network stations or they are in a zone with high complexity rainfall processes. In the present document there was analyzed information from 24 weather stations located in north part of La Guajira peninsula, that though they are not distributed well spatially, they cover an area superior to 70 % of the Department. And in the places where information is not had procedures must be realized as Thiessen's Polygons to be able to assign a value of rainfall using a reliable method.

Keywords: Thiessen, Rainfall, Thiessen Polygons, IDEAM, weather station, ArcGIS..

INTRODUCCIÓN

La precipitación que cae en un territorio puede ser un importante recurso que, si es bien manejado, resultaría ser de gran ayuda para temporadas donde la lluvia escasee, o para evitar que estas aguas terminen generando emergencias y poniendo en riesgo la vida e integridad de las personas. Adicionalmente, puede ser un elemento que permita potencializar la producción agrícola o pecuaria de un área, o que la población asentada pueda tener un abastecimiento del líquido. Pero para poder desarrollar algo de lo aquí menciona, se debe hacer un estudio hidrológico profundo de la zona, y así lograr conocer el comportamiento del agua. Como principal insumo se tiene el cálculo de la precipitación media usando el Método de Thiessen, conocido como Polígonos de Thiessen.

1. CONCEPTOS PREVIOS

Para tener una contextualización sobre métodos, insumos y procesos, se describen a continuación algunos conceptos importantes:

UN POCO DE HISTORIA

El método de Thiessen fue desarrollado en el año 1911 por el meteorólogo norteamericano Alfred Thiessen, quien tomó los estudios realizados previamente conocidos como Teselación de Dirichlet realizada en el año 1850 y el diagrama de Voronoi desarrollado en 1908, para realizar la interpolación de medidas , dividiendo el territorio en áreas y asignándole valores a cada una (Thiessen, 1911). Y desde entonces su uso se ha expandido por todo el mundo, gracias a la rapidez de sus resultados y la fiabilidad de los datos obtenidos.

Para el caso de Colombia, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 1998 con la misión de entregarle al país información actual y precisa sobre cómo se encuentra distribuida local y regionalmente el agua, además de las condiciones de demanda-oferta, realiza el Estudio Nacional del Agua en el año 1998, en el cual muestra el balance hídrico del país. En éste informe se obtiene dicho balance para las cuencas hidrográficas que

cubren las áreas de los municipios y Departamentos del país, dentro del cual realizó la aplicación del método de los Polígonos de Thiessen para la obtención de la precipitación media para todos las cuencas a nivel municipal.

Anteriormente, la aplicación del método Thiessen se realizaba sobre papel, ubicando espacialmente en un plano la localización geográfica de cada estación meteorológica sobre el área de estudio, plasmando allí líneas que unieran cada estación con todas las circundantes, para después realizar trazos y generar las áreas a las cuales se les asigna el valor de precipitación que tiene la estación que quedó inmersa en dicho polígono.

Ahora, y gracias a los avances que ha tenido la tecnología, y con ayuda del software ArcGIS, de la casa Canadiense ESRI, permite realizar éste y otros procesos requeridos para la aplicación del método Thiessen, con gran facilidad y brindando un alto grado de precisión tanto en el trazo de los polígonos, como en el área de cada uno de ellos.

DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

La Guajira es uno de los 32 Departamentos que componen la República de Colombia. Está localizado en la parte norte del país y hace parte de los departamentos de la Región Caribe. Su territorio está constituido por la península de La Guajira y sierras importantes como la Sierra Nevada.

Su temperatura promedio se encuentra entre los 35°C y 40°C, posee todos los pisos térmicos intertropicales inferiores a los mil metros de altura de relieve.

Dentro de sus características hidrológicas cuenta con

depósitos de agua como pozos acuíferos y lagunas que abastecen el consumo interno de las comunidades. Además discurren ríos como el Ranchería, el Cesar, Carraipía, Paraguachón, entre otros.

La red hídrica del La Guajira es sencilla, su curso de agua más importante es el río Ranchería, que nace en la Sierra Nevada de Santa Marta y desemboca en el mar Caribe; muchas de las corrientes son insuficientes y de curso temporal; entre ellas están los ríos Ancho, Camarones, Cañas, Garavito, Lucuici, Sillamaná, San Francisco, San Miguel y San Salvador.

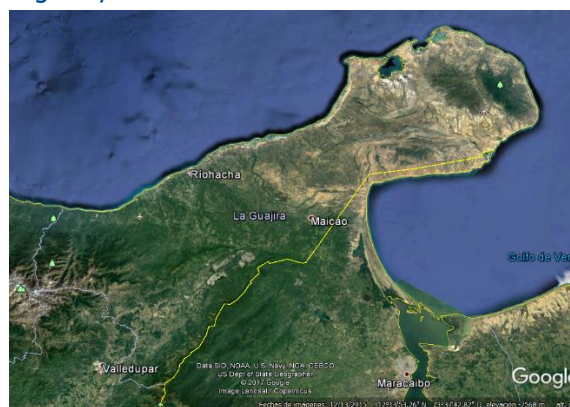


Figura 1 Departamento de La Guajira. Fuente: Google Earth. 2017

IDEAM

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) de acuerdo con su misión cuenta con una red básica nacional que monitorea las principales cuencas del país, compuesta por 784 estaciones hidrológicas, cuyo fin esencial es permitir cuantificar el recurso hídrico a una escala nacional (IDEAM, 2017).

El diseño y operación de la red básica nacional sigue los lineamientos dados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), los cuales se han venido ajustando a las necesidades del país y se encuentran plasmados en protocolos de monitoreo, guías y demás herramientas.

Adicionalmente, las Corporaciones Autónomas Regionales y la Aeronáutica Civil poseen estaciones hidrometeorológicas distribuidas las zonas de cobertura de dichas entidades, aunque cabe aclarar que éstos datos tienen un tratamiento especial, por lo cual los ciudadanos no tienen acceso.

PRECIPITACIÓN

La lluvia proviene del latín pluvia, y consiste en un fenómeno atmosférico de tipo acuático que se inicia con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes (Deulofeu, 1982). Según la definición oficial de la Organización Meteorológica Mundial, la lluvia es la precipitación de partículas líquidas de agua, de diámetro mayor de 0,5 mm o de gotas menores, pero muy dispersas.

MÉTODO DE THIESSEN

Es uno de los métodos más populares para obtener la precipitación media sobre un área. Se basa en ponderar el valor de precipitación de cada estación meteorológica en función del área de influencia.

Su precisión se encuentra por encima del método de la media aritmética (en el cual se obtiene un promedio sumando los valores de precipitación de cada estación y se divide en el número de estaciones), pero si existe el caso en el que la distribución espacial de las estaciones cambia, deben construirse nuevamente los polígonos. Una de las desventajas es que Thiessen no tiene en cuenta la influencia de la topografía en el régimen de precipitación.

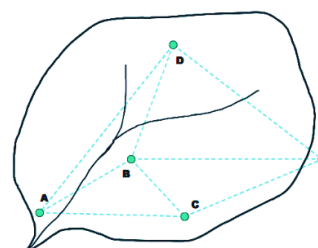


Figura 2 Diagrama de localización de estaciones. Fuente: Universidad de Coruña 2017.

Para determinar las áreas de influencia de las estaciones, éstas se unen de tres en tres, dando como resultado una Red de Triángulos Irregulares (TIN por sus siglas en inglés) la que se logra uniendo la posición de una estación con las dos más cercanas.

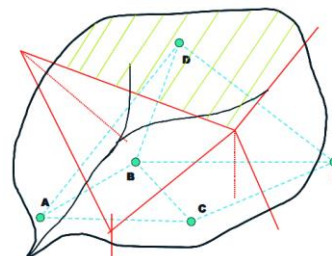


Figura 3 Red de Triángulos Irregulares. Fuente: Universidad de Coruña 2017.

A continuación se muestran las ventajas y desventajas del uso del Método de los Polígonos de Thiessen (Potosí, 1998, págs. 4-42):

Ventajas:

- Conduce a resultados usualmente más exactos que los obtenidos con el promedio aritmético, cuando se usan un buen número de estaciones
- Pluviómetros localizados a corta distancia de la línea divisoria de aguas pueden ser utilizados
- Rinde resultados consistentes cuando el método es aplicado por diferentes personas
- Es adaptable al procesamiento automático de datos
- Es relativamente fácil de usar cuando los polígonos de cada estación han sido cuantificados.

Desventajas:

- No toma en cuenta las influencias topográficas, pues considera variación lineal de la lluvia entre pluviómetros
- Todos los polígonos deben ser evaluados cuando la red cambia
- Implica más trabajo que el método aritmético

ARCGIS

ArcGIS es un programa computacional enfocado ser usado en el campo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG por sus siglas en inglés). Éste software fue producido y es comercializado por la empresa ESRI (Environmental Systems Research Institute).

ArcGIS tiene dentro de sus módulos, uno que permite realizar el cálculo y generación de los polígonos de Thiessen, y funciona como se muestra a continuación:

- La lectura de los puntos se realiza de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, entre más cercanos estén los puntos a la tolerancia, se omiten.
- Se grafican usando una red irregular de triángulos o TIN por sus siglas en inglés.
- Se generan mediatrices perpendiculares a cada lado del triángulo, formando los polígonos de Thiessen.
- Los puntos ingresados se utilizan para poner etiquetas a los polígonos
- En las referencias incluya el DOI de cada documento, si lo tiene. Para las referencias tenga en cuenta:

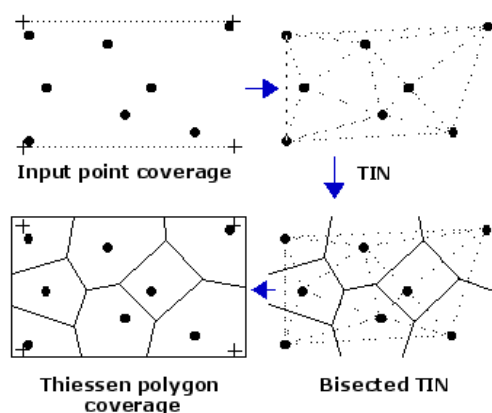


Figura 4 ¿Cómo funcionan los Polígonos de Thiessen en ArcGIS? Fuente: ESRI 2017.

INSUMOS

Para poder llevar a cabo el cálculo de los Polígonos se requieren de algunos insumos previos, los cuales se enuncian a continuación:

–Inventario Estaciones IDEAM: Para obtener el shape de las estaciones presentes en el área, se ingresa a la página de ESRI, en el apartado de recursos gratis y se encuentra en la siguiente dirección:

<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=ff81b8f5882b43d28f5e87bf51433131>

–Cartografía base: Para obtener el shape de la división política del Municipio de Uribe, se puede descargar ingresando a:

<http://www.diva-gis.org/gdata>

–Información IDEAM: Ésta información se solicita ante el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales siguiendo el instructivo que se encuentra en la página de internet:

<http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion>

2. PROCEDIMIENTOS

Información en ArcGIS

Teniendo el inventario nacional de estaciones, se realiza la extracción de las que se encuentran dentro del área del Municipio de Uribe haciendo el cruce de las estaciones que se encuentran dentro del Municipio y cercanas a sus límites, para poder garantizar que todo el área de Uribe va a quedar cubierto.

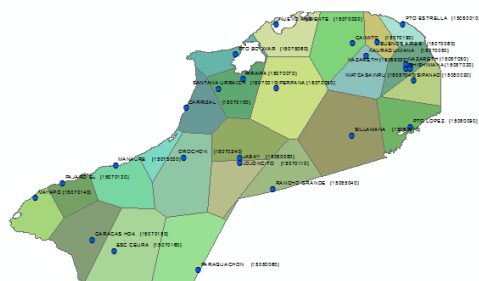


Figura 5 Shape de estaciones del IDEAM presentes en la zona de estudio. Fuente: Propia.

Una vez realizada la extracción, se listan las estaciones seleccionadas y se hace la solicitud de información a la autoridad competente, en éste caso el IDEAM.

Información IDEAM

Para que ArcGIS pueda procesar de manera correcta la información, se debe organizar de manera tal que sea para el software leerla y arrojar el resultado esperado. Por ello, se debe organizar en columnas como se muestra a continuación:

Tabla 1 Datos IDEAM organizados en el formato adecuado.
Fuente: Propia

| | A | B | C | D | E |
|----|------------|----------------------------|------------|------------|---------------|
| 1 | COD_CATALO | NOMBRE_ES | LATITUD | LONGITUD | PRECIPITACION |
| 2 | 15050010 | CAMARONES [15050010] | 11,4288330 | -73,052722 | 382,27 |
| 3 | 15060010 | REMEDIOS LOS [15060010] | 11,3817780 | -72,913500 | 474,72 |
| 4 | 15065010 | APTO A. PADILLA [15065010] | 11,5296110 | -72,917667 | 298,75 |
| 5 | 15070010 | SANTANA URRACH [15070010] | 12,0865830 | -72,050194 | - |
| 6 | 15070020 | NUEVO AMBIENTE [15070020] | 12,3439170 | -71,819194 | 206,2 |
| 7 | 15070060 | BUENOS AIRES [15070060] | 12,2734170 | -71,415889 | 331,33 |
| 8 | 15070070 | IRRAIPA [15070070] | 12,1263610 | -71,952278 | 287,52 |
| 9 | 15070080 | KAURAQUIMANA [15070080] | 12,2183610 | -71,458694 | 409,03 |
| 10 | 15070090 | PERPANÁ [15070090] | 12,0885560 | -71,819306 | 311,4 |

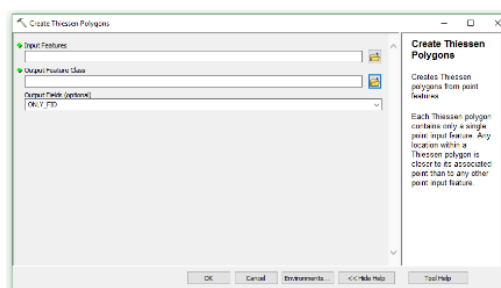


Figura 7 Cuadro de diálogo herramienta Creación de Polígonos de Thiessen. Fuente: Propia

Módulo Analyst Tools de ArcGIS

Contiene un potente conjunto de herramientas que realizan las operaciones SIG más fundamentales. Con las herramientas de esta caja de herramientas, puede realizar superposiciones, crear búferes, calcular estadísticas, realizar análisis de proximidad, entre otras.

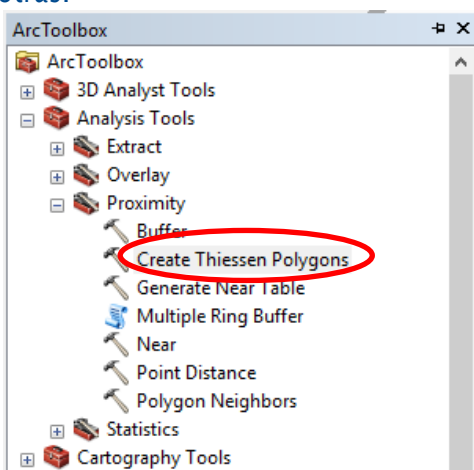


Figura 6 Caja de herramientas de ArcGIS. Fuente: Propia

Para crear los polígonos, dentro de las herramientas incluidas en Analyst Tool, en la caja Proximity, se encuentra Create Thiessen Polygons, que despliega el siguiente cuadro de diálogo

En este cuadro de diálogo se ingresa la información referida en la Tabla 1, para que el programa pueda leer tanto la parte geográfica (coordenadas) como la referente a la precipitación (expresada en mm).

3. RESULTADOS

En este apartado se pretende mostrar de manera gráfica los polígonos obtenidos a partir de la información dada por el IDEAM, que permitirá apreciar el comportamiento de la precipitación sobre la península de La Guajira.

Que tiene como finalidad servir como insumo principal, para que se realice un balance hídrico, que a su vez sirva para realizar un estudio hidrológico o hidráulico que puede ser utilizado para el diseño de obras de manejo de aguas tales como puentes, pontones, alcantarillas, etc. O también para diseño de estructuras que permitan el aprovechamiento de dichas aguas, como distritos de riego.

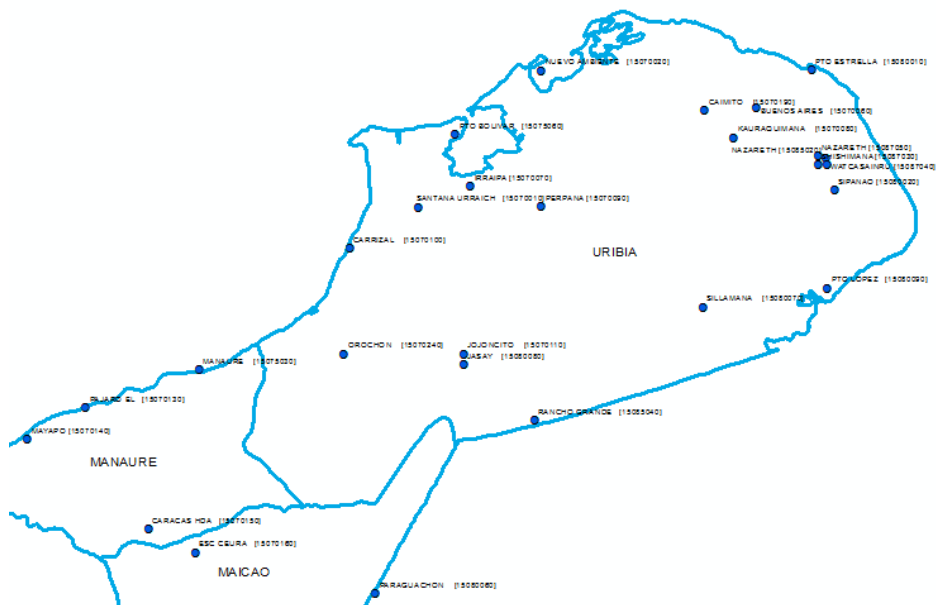


Figura 8 Distribución espacial de las estaciones metereológicas seleccionadas.

Luego de tener ubicadas espacialmente las estaciones se obtienen los polígonos tal como se muestra a continuación:

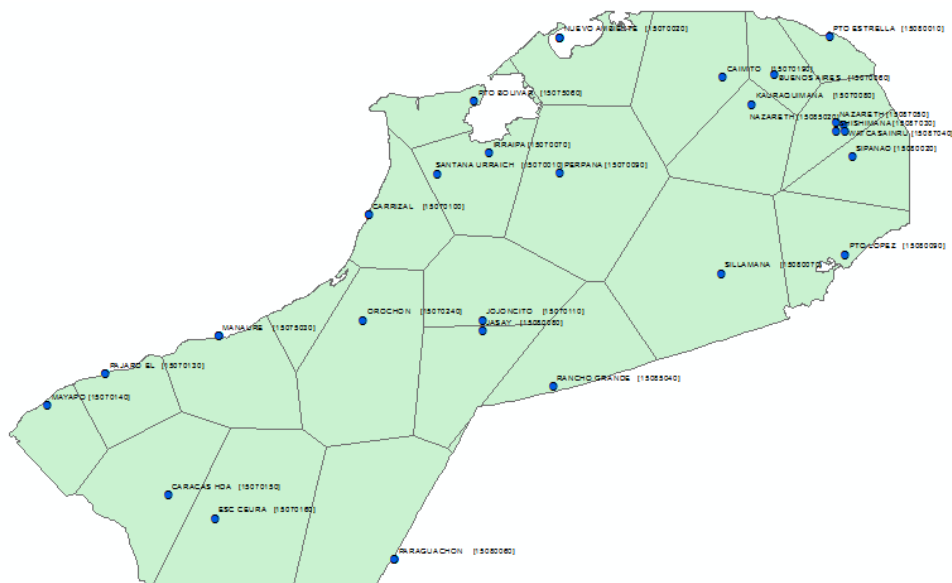


Figura 9 Polígonos de Thiessen generados

Después de generar los polígonos se le da una expresión adecuada, dando un color para cada valor de precipitación, dejando en rojo los valores de menor precipitación y verde los más altos.

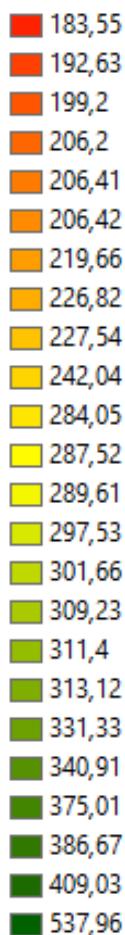


Figura 10 Expresión dada a los valores de precipitación presente en cada polígono de Thiessen

Teniendo en cuenta el comportamiento de los datos asociados a la rampa de colores que fue asignada para poder ver de manera más clara la distribución de la precipitación se puede observar que la

zona de la península de La Guajira tiene una precipitación con valores superiores a 300mm/año en 10 de las 24 estaciones, a su vez se evidencian bajos niveles de precipitación (menores a 200 mm/año) en 3 estaciones del total, y valores de lluvia con valores medios, éstos están localizados en el rango de superiores a 200 mm/año y menores a 300 mm/año, evidenciados en 11 estaciones .

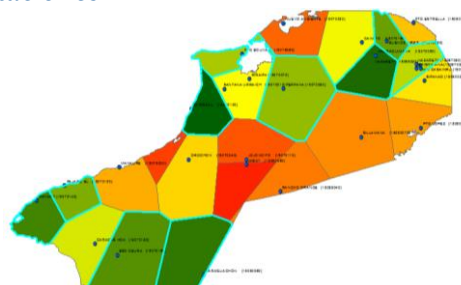


Figura 11 Polígonos con valores superiores a 300mm/año

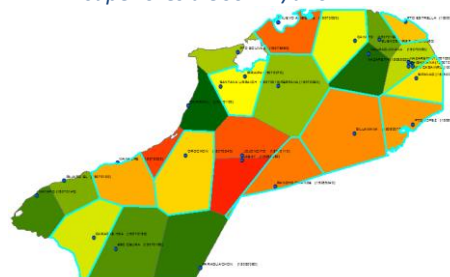


Figura 12 Polígonos con valores entre 200 mm/año y 300 mm/año

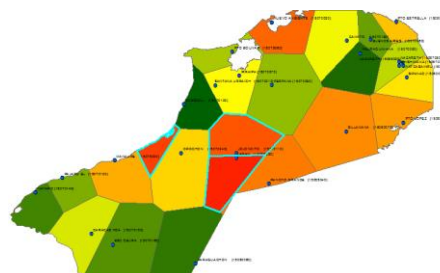


Figura 13 Polígonos con valores menores a 200 mm/año

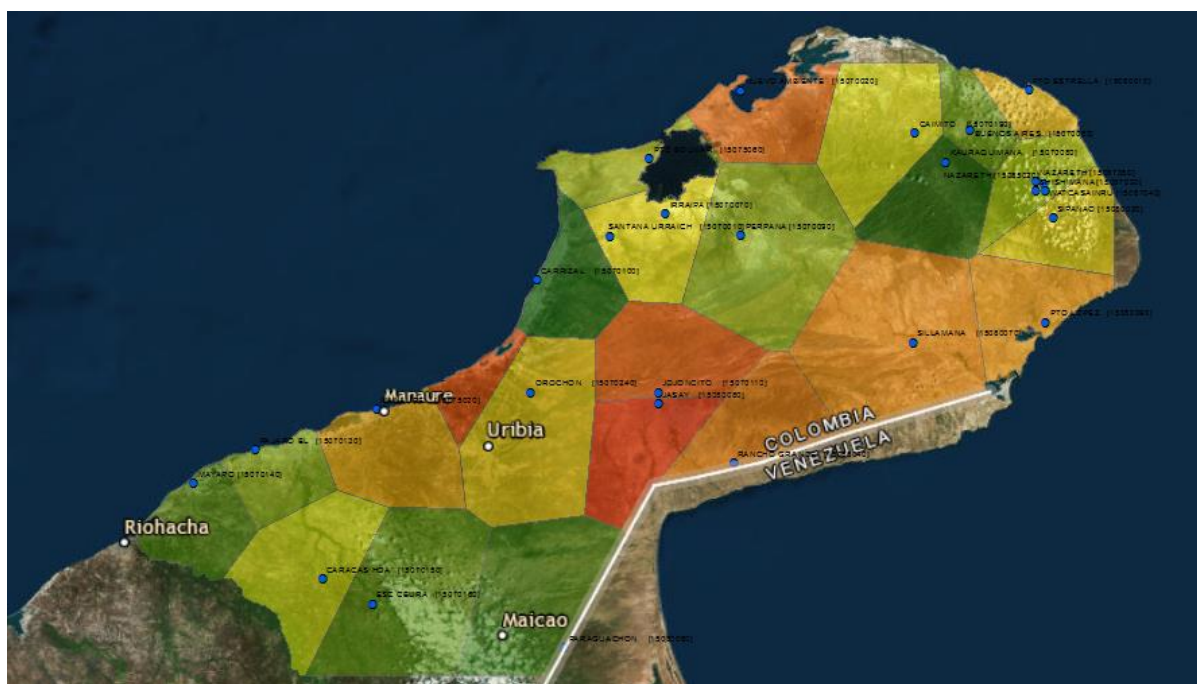


Figura 14 Polígonos de Thiessen resultantes

Para poder dimensionar la cobertura que tienen los polígonos en el área de estudio, se ha generado la siguiente tabla explicativa:

| Valores | Área (Ha) | Porcentaje |
|-----------------|--------------------|---------------|
| Menores a 200 | 103680,272 | 9,73 |
| Entre 200 y 300 | 533517,017 | 50,05 |
| Mayores a 300 | 428857,237 | 40,23 |
| Total | 1066054,527 | 100,00 |

Tabla 2 Áreas por valores de precipitación y su porcentaje de cobertura

Se obtuvo que más del 90% del área posee valores de precipitación entre medio y alto, y sólo el 9.73% tiene valores de lluvia bajos (ver figura 3 para mayor información sobre los rangos), se podría asegurar que a pesar de que la península tiene gran presencia de desertización, el régimen de lluvias es suficiente para garantizar un buen flujo de precipitación.

A partir del modelo realizado y con el análisis de otras variables como lo es la temperatura, se puede de manera general corroborar dos importantes situaciones presentes en el régimen de precipitaciones de la zona; el primero consiste en la desertización que se presenta en la zona por las altas temperaturas y las pocas precipitaciones en el año y el segundo radica en que las pocas ocasiones en las que se presentan las lluvias, estas tienden a ser extremas generando cuantiosos daños para la población.

4. RECOMENDACIONES

Se recomienda tomar el presente documento como insumo para generar un estudio detallado de la oferta hídrica en la península de La Guajira, para que así, su población pueda aprovechar de manera óptima éste importante recurso natural.

5. BIBLIOGRAFÍA

al, B. V. (2013). GPS: Fundamentos y aplicaciones en Geodesia y Topografía.

Combrinck, W. L. (2 de Noviembre de 1998). Physical Site Specifications:. Annapolis, Maryland, Estados Unidos. Recuperado el 12 de Marzo de 2017, de http://www.hartrao.ac.za/geodesy/SITE_MON.HTM

Deulofeu, T. L. (1982). Compendio de Metereología y Clima. La Habana.

ESRI. (2016). Herramienta Creación de Polígonos de Thiessen, ArcGIS 10.3.

ESRI. (2016). Herramienta de Ayuda de ArcGIS 10.3.

ESRI. (25 de 05 de 2017). Environmental Systems Research Institute. Obtenido de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/analysis/create-thiessen-polygons.htm>

IDEAM. (08 de 05 de 2017). Instituto de Hidrología, Metereología y Estudios Ambientales. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co>:
<http://www.ideam.gov.co/web/agua/aguas-superficiales>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (1998). Estudio Nacional del Agua, Balance hídrico y relaciones demanda-oferta en Colombia. Bogota.

Potosí, U. A. (1998). Ruta: Procesos del Ciclo Hidrológico. San Luis Potosí, México: Universidad Potosina.

Thiessen, A. H. (1911). Climatological Data for July 1911. Great Basin: National Weather Service.

UNESCO, R. (1982). Guía Metodológica para la Elaboración del Balance Hídrico de América del Sur. Montevideo, Uruguay: Oficina Regional Ciencia y Tecnología, Unesco para América Latina y el Caribe.